

油研A220轴向柱塞泵的常见故障与修复

季余斌¹ 高 星²

(1. 宝山钢铁股份有限公司冷轧厂, 上海 200431 2. 厦门大学软件学院, 福建 厦门 361005)

【摘 要】A220轴向柱塞变量泵在轧机液压设备上运用广泛, 液压系统的效率主要取决于液压泵的容积效率, 当容积效率下降到72%时, 就需要进行常规维修, 更换轴承和老化的密封件, 要更换或修复超出配合间隙的磨擦副, 使其性能得到恢复。本文介绍了该型液压泵使用中的一些常见故障和修复要点, 及关键部件的修复方案。

【关键词】A220轴向柱塞泵 磨损 油污污染

Trouble shooting and repairing for YUKEN A220 axial ram pump

Ji Yubin¹ Gao Xing²

(1. Thin Strip Co. Ltd of Baosteel, Shanghai 200431

2. Software School of Xiamen University, Fujian Xiamen 361005)

【Abstract】A220 axial ram variable stroke pumps are widely used in hydraulic equipment in the mill. The efficient of the hydraulic system is most depend on the volume efficient of the hydraulic pump. When the volume efficient is decreased to 72%, it is need to be routine repaired. To exchanging the bearing and aged seal components, and also exchange or repair the joints which exceed the matching clearance to help the capability recovering. The thesis introducing some common fault and repair key points of these type of hydraulic pump, as well as the repair plan of key components.

【Key words】A220 axial ram pump abrasion oil pollution

前言

A220轴向柱塞变量液压泵是日本油研公司“A”系列液压泵中排量最大的一型, 主要特点为: 容积效率高——当压力在16MPa、转速在1800r/min时容积效率大于98%, 总效率大于90%。该型泵于2001年随着机组设备改造开始在我厂1220冷连轧机上使用,

总装机量11台。2003年至今, 已多次离线翻修, 故障逐渐增多。据统计, 翻修后的液压泵平均使用寿命在9个月-12个月, 其中因液压泵内部严重磨损造成效率低而更换占大多数, 并且夏季比冬季多。故障主要形式是液压泵出口压力达不到规定要求而不能满足系统工作的需要, 故障特点为: (1) 在液压泵使用初期, 故障率较高, 具有早期性; (2) 随着使用时间增加, 故障逐年增加, 具有渐进性; (3) 故障随季节变化, 夏季较高, 具有季节性; (4) 翻修次数增加, 故障率也增加。液压泵是液压系统的关键部件, 它的故障会引起整个系统的瘫痪, 造成设备的停机和生产的损失。因此, 及时、可靠地修复液压泵对保障设备的平稳运行具有十分重要的意义。

1 A220泵主要结构及工作原理 (图1)

油研A220泵为通轴型斜盘式轴向变量柱塞泵, 最大工作压力

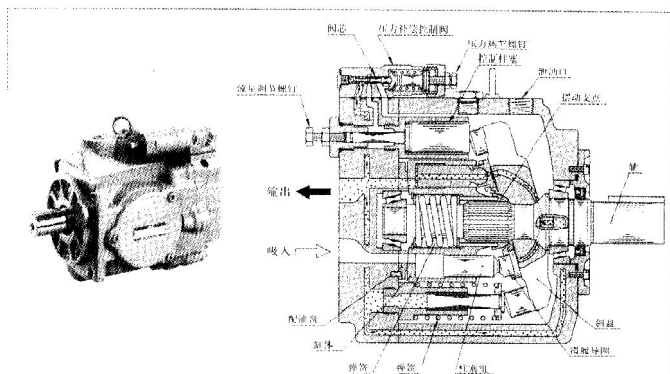


图 1 原理图

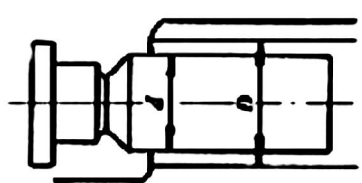


图 2 柱塞与缸体简图

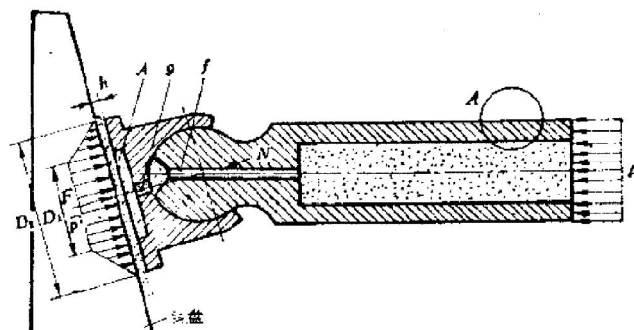


图 3 滑履结构

16MPa,几何排量 $219\text{cm}^3/\text{rev}$,转速范围 $600\text{r}/\text{min}-1500\text{r}/\text{min}$ 。控制方式为压力补偿控制型,特点是:(1)当系统压力升高,接近预期的截流压力时,泵的流量自动减小,但维持压力不变;(2)流量和全截流压力可调。

泵排量: $DB=Z \quad V=Z^2R \quad d^2tg =Ktg =Ka$;流量: $Q_p=D_p n=Kntg$ 。

d ——柱塞直径; R ——柱塞分布圆半径; S ——柱塞行程。

$K \quad Q_p=Kn=2RZ \quad d^2n$ 式中可以看出:(1)泵的输出流量由输入转速 n 和结构参数决定,实际流量受压力影响;(2)改变倾角即可改变流量 Q_p ;(3)改变角变动流量很方便,但控制力大,需通过变量机构来实现。

常见变量方式有手动变量、液动变量(用液压力推动实现变量)和伺服变量(由伺服阀控制变量机构实现变量,可以组成伺服泵——泵输出流量随输入电信号而变),A220泵采用的是最常见的液动变量。A220泵由缸体、压力控制阀、变量控制柱塞、通轴、斜盘、配油盘、柱塞、滑履、滑板等部件组成。通轴穿过斜盘,两端均由轴承支承,采用平面配油形式,斜盘以耳轴形式与缸体连接,缸体为三段式构成。主要特点:(1)柱塞较长,改善了柱塞副的工作受力状况;(2)分段式缸体便于加工,易保证制造加工精度的要求;(3)吸、排油孔道平缓流畅,自吸能力较强。

泵的工作原理:斜盘与缸体中心线形成倾角,柱塞因油液压力的作用而保持其头部与斜盘紧密接触,通轴转动时,迫使柱塞在缸体内做往复运动,通过配油盘的窗口进行吸油和压油,转动一圈完成一次吸排油过程。泵的排量取决于柱塞直径及其行程和数量,斜盘倾角决定了柱塞行程,改变斜盘倾角就能改变输出流量。

A220泵采用的是压力补偿控制,通过泵内部的压力补偿控制器,采用压力平衡控制的方法,在外部需求变化的情况下,自动调节斜盘倾角,达到改变输出流量保持出口压力稳定不变。工作时,载荷或系统压力总是作用于斜盘活塞上,斜盘活塞总保持液压泵的流量趋于最大。同时,载荷或系统压力也为补偿阀腔提供压力,使

补偿阀腔压力与补偿的弹簧里保持平衡。一般情况下,载荷或系统压力升高,是因为液压泵流量大于载荷所需的流量,造成过量供油而引起的。所以,控制系统通过减少液压泵排量来降低压力。当载荷或系统压力低于补偿弹簧设定压力时,补偿阀保持关闭,液压泵继续做最大排量运转。当载荷或系统压力达到补偿阀设定压力时,补偿阀芯将克服弹簧力开始向右移动,液压油将按比例流入控制活塞腔。由于控制活塞面积比斜盘活塞面积大,所以控制活塞就推动斜盘向减少液压泵排量的方向移动。补偿控制系统继续按比例给控制活塞供油,并且调节液压泵的排量直到系统压力恒定。此时,液压泵仅提供载荷需要的液压油流量。当系统压力低于补偿阀设定压力时,补偿阀芯回复原位,斜盘回复到使液压泵排量为最大的位置。

2 A220泵常见故障原因分析

2.1 液压系统污染

由A220泵的结构和原理可知,该泵对介质的污染控制要求较高,通常要求油液过滤精度不大于 $10\mu\text{m}-15\mu\text{m}$,而在液压系统工作中,将有诸多因素使系统受到污染。系统一旦污染后,固体污染物会加重液压泵的磨料磨损,并使柱塞卡滞和孔径变大;水分会加重液压泵的腐蚀磨损,并使润滑性能降低,油膜层破坏,也加重了磨料磨损,导致故障增多。如A220泵是滑履斜盘式轴向柱塞泵,斜盘与柱塞间采用了滑履静压支承。即在柱塞头部开一小孔,从工作腔内不断引出一股泄流量很小的高压油液,使之在柱塞头部形成一定厚度的油膜($0.015\mu\text{m}-0.025\mu\text{m}$),油膜按一定压力分布而承受柱塞的全部作用力;而且转子端面与配流盘之间的摩擦副也采用了静压支承。这样虽然避免了柱塞与斜盘、转子与配流盘的直接接触,减少了摩擦力,延长了使用寿命,但同时也增加了泄流损失。特别是在液压系统被污染时,含有固体颗粒污染物的油液高速流过小孔时,会不断冲刷小孔,使之直径增大,而且固体污染物通常硬度较高,它们进入间隙的油膜中,就向研磨剂一样对金属配合面进行磨削,造成配合面磨损严重,使间隙增大。随着液压泵的磨损和泄漏量的增加,其故障发生率也不断增加,是液压泵内部磨损造成效率低而未到预期寿命提前更换的主要原因。

2.2 翻修质量不高

A220液压泵故障高峰在三个月以前,三个月后则开始下降,有早期故障特征。而早期故障的产生,一般是由于配合副之间缺少良好的贴合,或者是装配上存在缺陷,也可能是选材不合适或加工质量太差造成的。所以,从实际情况分析可知,该泵的早期故障主要是由于翻修时质量不高,并且在交付使用前又没有进行足够的接近工作条件的、严格的出厂模拟试验而造成的。由于液压泵在调试、装配等工艺过程中的原因而引入的故障因素以隐患的形式保留下来,在各种因素综合作用下,这些隐患就发展为故

表1 常用配合间隙

柱塞杆直径	$\phi 16$	$\phi 20$	$\phi 25$	$\phi 30$	$\phi 35$	$\phi 40$
柱塞杆与缸孔	标准间隙 0.015	0.025	0.025	0.030	0.035	0.040
	极限间隙 0.040	0.050	0.060	0.070	0.080	0.090
柱塞杆球头	标准间隙 0.010	0.010	0.015	0.015	0.020	0.020
与滑靴球头	极限间隙 0.30	0.30	0.30	0.35	0.35	0.35

表2 A220泵摩擦副修复标准一览表

阿摩擦副名称	柱塞副		滑靴副		配流副	
	缸体	柱塞	滑靴	斜盘	配流盘	缸体
材料	磷铬镍铝铜 (PCrNiMoCu)	38CrMoAl	38CrMoAl 基体上 Du16/Ag8	Cr12MoV	12CrNiBA	磷铬镍铝铜 (PCrNiMoCu)
间隙(μm)	0.015~0.035		0.02~0.08		0.01~0.05	
主要技术要求	柱塞孔 Ra0.4	圆柱表面 Ra0.1 渗氮 0.8~1.0 HRC60~65	Ra0.2	Ra0.2	与缸体接触面 Ra0.1 渗氮 0.8~1.0, HRC60~65	与配流盘接触面 Ra0.1

障。从2003年至今液压泵的更换情况看,40%的液压泵实际使用的时间在三个月以内,而换泵的主要原因是内部磨损严重、流量小、达不到规定压力和壳体结合部泄漏。从以上分析可知,部分液压泵在翻修中确实存在缺陷,而且出厂前也没有进行严格的试验检查。

另外,随着液压泵使用时间的增加,多数泵已翻修过三次以上,这导致液压泵的强度下降,使各配合面的表层材料的物理化学性能及表层结构发生变化。这样,在周围环境的影响下易发生腐蚀、磨损和黏着等而使故障增加。液压泵的使用寿命在逐渐缩短,更换次数在逐渐增加。

3 主要零部件的损坏形式及修复

3.1 柱塞和缸体

柱塞是一个比压分布不均匀,轴向运动速度很高的零件,也是容易磨损的零件,由于柱塞受到较大的侧向力作用,在工作时还绕自身轴线转动,所以磨损后的柱塞成腰鼓形,使柱塞与缸体孔配合间隙增大。目前,在A220泵柱塞修复中,表面拉毛不太严重的一般采用研磨的方式修复,磨损超差或研磨后间隙超过规定值的则采用更换的方法进行修理。缸体最易磨损的部位是与柱塞配合的柱塞孔内壁以及配油盘接触的端面。柱塞孔壁磨损,使柱塞与柱塞孔的配合间隙增大;缸体与配油盘接触端面磨损将使它们的配合间隙增大。这两个间隙增大,将使内泄漏增加。柱塞副的材料通常以柱塞为硬材料,缸孔为软材料。A220泵缸体镶装铜套,采用更换铜套的方法修复。首先把一组柱塞杆外径修整到统一尺寸,再用1000#以上的砂纸抛光外径,缸体加热热装或铜套低温冷冻挤压,过盈装配。A220泵柱塞修复选用CrMn钢淬火,表面硬度HRC56-63,缸孔材料选用含有2%~3%锰的黄铜,以使其具有高的疲劳强度和抗磨性。柱塞是加工工艺是粗磨、精磨、衍磨,要求Ra小于0.16,圆柱度公差及球头球度公差小于 $5\mu\text{m}$,尺寸精度为配磨。柱塞副的间隙是容积式液压泵的极其重要的参数。间隙过大,会使容积效率显著降低,损失过大并且发热;间隙过小,虽然容积效率会高一些,但是由于工作温度上升会使材料膨胀易导致柱塞副咬死。根据相关技术资料 and 实际使用经验,A220泵柱塞副的间隙取在 $30\mu\text{m}$ 左右。实际出厂试验时,由于油温等其他因素,一般试验容积效率较正常值偏高(图2、图3)。

3.2 滑履与止推板

液压泵是液压设备的核心,而柱塞滑履副可视为液压泵的核心。表1列出柱塞杆球头与滑靴球窝的间隙,如果柱塞与滑靴间隙超差,柱塞腔中的高压油就会从柱塞球头与滑靴间隙中泄出,滑靴与斜盘油膜减薄,严重时会造成静压支承失效,滑靴与斜盘发生金属接触摩擦,滑靴烧蚀脱落,柱塞球头划伤斜盘。柱塞杆球头与滑靴球窝超出公差1.5倍时,必须成组更换。柱塞滑履副,受频繁冲击和交变应力影响,受压最大,运动速度和加速度最高,工作最为繁重。主要故障为:(1)滑履球窝处的表面粗糙度太高,运行一段时间后,加工表面材料磨损,从而造成与柱塞球头配合间隙的增大而松动。(2)柱塞在压排油过程中是将滑履压向止推板,在吸入油过程中是将滑履拉向回程盘而脱离止推板,实际上就是不断地在滑履包含裙口处进行松动感冲击。长期下来,造成滑履球窝窝底沉凹变形和包口材料因刚性不够松弛变形而造成间隙。相应的修复方法是对球头进行再包容,并在裙口部位局部加厚,事实证明这些措施对防止球头松动,起到了良好的效果(表1)。

3.3 斜盘

斜盘与滑履接触的表面会产生磨损,当滑履的润滑油孔堵塞

后,滑履与斜盘接触面就不能获得足够的润滑油,导致斜盘与滑履烧结。斜盘两侧的2个并轴及其支承磨损,会出现间隙,使斜盘动作滞后。斜盘作用一段时间后,斜盘平面会出现内凹现象,在采用平台研磨前,首先应测量原始尺寸和平面硬度。研磨后,再测出研磨量是多少,如在0.18以内,对柱塞泵使用无妨碍;如果超出0.2mm以上,则应采用氮化的方法来保持原有的氮化层厚度。斜盘平面被柱塞球头刮削出沟槽时,可采用激光熔敷合金粉末的方法进行修复。激光熔敷技术既可保证材料的结合强度,又能保证补熔材料的硬度,且不全降低周边组织的硬度。也可以采用铬相焊条进行手工堆焊,补焊过的斜盘平面需重新热处理,最好采用氮化炉热处理。不管采取哪种方法修复斜盘,都必须恢复原有的尺寸精度、硬度和表面粗糙度。修复后端面的平行度应在0.005mm以内,表面粗糙度 $Ra=0.2\mu\text{m}$ 。

3.4 配流盘与缸体配流面

A220泵采用平面配流的形式,平面配流形式的磨擦副修复主要采取利用精度比较高的平台上进行研磨。缸体和配流盘在研磨前,应先测量总厚度尺寸和应当研磨掉的尺寸,再补偿到调整垫上。配流盘研磨量较大时,研磨后应重新热处理,以确保淬硬层硬度。缸体与配流盘修复后,可采用下述方法检查配合面的泄漏情况,即在配流盘面涂上凡士林油,把泄油道堵死,涂好油配流盘平放在平台或平板玻璃上,再把缸体放在配流盘上,在缸孔中注入柴油,要间隔注油,即一个孔注油,一个孔不注油,观察4h以上,柱塞孔中柴油无泄露和串通,说明缸体与配流盘研磨合格。

3.5 弹簧和密封件

弹簧容易损坏和变形,变形后的弹簧对泵的工作性能有很大影响,对损坏的弹簧,应予以更换。除了在尺寸和性能上与原弹簧相同外,还应将两端面磨平,并与弹簧自身轴线垂直。密封件损坏失效后,一律换用符合质量要求的新件,A220泵的修复已更换进口NOK密封为主。

3.6 变量机构

变量机构的主要磨损件为变量控制阀的阀心与阀孔、变量活塞和缸孔等,这些部件磨损后,将使泵变量困难,甚至不变量,泵不能正常工作。A220泵的变量活塞采用的是柱塞与缸孔间隙配合的方式,易受液动力作用造成阀心偏置,下线设备多在此部位发生缸孔的严重磨损,为此,选用了含有2%~3%锰的黄铜,以使其具有高的疲劳强度和抗磨性,延长其寿命。

3.7 轴承

柱塞泵最重要的部件是轴承,如果轴承出现游隙,则不能保证液压泵内部三对磨擦副的正常间隙,同时也会破坏各磨擦副的静液压支承油膜厚度,降低柱塞泵轴承的使用寿命。据液压泵制造厂提供的资料,轴承的平均使用寿命为10,000h,超过此值就需要更换新口。拆卸下来的轴承,没有专业检测仪器是无法检测出轴承的游隙的,只能采用目测,如发现滚柱表面有划痕或变色,就必须更换。在更换轴承时,应注意原轴承的英文字母和型号,柱塞泵轴承大都采用大载荷容量轴承,最好购买原厂家,原规格的产品,目的是保持轴承的精度等级和载荷容量(表2)。

4 预防措施

通过长年A220泵修复经验的积累,对经济、有效地预防故障的发生,提出了一些相关的预防措施。

4.1 加强出厂检验,减少早期故障

(下转第17页)

用干燥剂^[3]。

2.3 气相缓蚀剂的用量

气相缓蚀剂的用量,应考虑航材防护时间的长短、内包装的密封性、缓蚀剂蒸气压力值的大小、存放地区温度和湿度等因素,也可根据实践经验来推算气相缓蚀剂的用量。具体用量可参考下面的公式进行计算:

$$Q = K(TV + R)$$

式中 Q: 气相缓蚀剂用量(克);

R: 饱和包装容积(立方米)所需气相缓蚀剂用量(克);

T: 保护年限(年);

V: 在25℃时,一年内包装容积的漏损(克/年),一般木箱包装为10克左右;

K: 保险系数,一般取1.5-2。

采用气相缓蚀剂纸或薄膜时,需考虑涂布量,参考上述公式计算后,再算出所需纸的面积。若使用浸渍气相缓蚀剂纸,需考虑其实际气相缓蚀剂的含量。

3 气相缓蚀剂的使用注意事项

气相缓蚀剂是一种有效的防锈材料,在航材包装中要想达到预期的防护效果,在使用中必须注意以下几个问题。

(1) 每一种气相缓蚀剂对各种金属材料 and 镀层的保护性能是有限的,因此在使用前必须弄清该种气相缓蚀剂的性质和使用范围之后才能应用,有的则需作一些适应性的试验。如亚硝酸二环己胺,仅对黑色金属具有缓蚀作用,对其它的金属有的能适应,如部分铝合金、镍、铬等金属,有的则加速腐蚀,如镁、锌等^[4]。

(2) 气相缓蚀剂对非金属的适应性。如亚硝酸二环己胺对各种电泳涂漆、烘干类型涂膜、木材、皮革、纸张和一些天然纤维制品,基本上没影响;对聚氯乙烯、涂有硝化纤维织物组成的塑料有一定的影响;对硝基漆、脂胶漆等会引起变色发粘、起泡等不良影响。因此在使用前,必须弄清气相缓蚀剂对产品上各种非金属材料适应性。对于不适应的应采取隔离或不接触的形式,以减低或排除气相缓蚀剂对它的影响。

(3) 气相缓蚀剂对手汗腐蚀无抑制能力,操作者必须戴手套,并要求戴口罩。同时气相缓蚀剂遇酸碱要分解,会失去缓蚀作用

用,因此产品表面必须严格清洗干净,内包装材料应是中性的,要符合技术规定的要求。气相包装的产品不要直接与木箱接触,以防止木材分解出的低分子有机酸和水分对产品引起腐蚀。

(4) 气相缓蚀剂包装要尽量密封,对于包装存放时间长的,应尽量选择透湿性小的包装材料,同时应注意气相缓蚀剂的有效作用距离。

(5) 气相缓蚀剂和一般化学药品一样,有的有刺激性气味,有的有一定的毒性。因此在操作过程中要注意安全清洁,工作之后和饮食之前须用肥皂洗手,包装现场要有通风设施,以减少工作环境空气中气相缓蚀剂的浓度,例如使用亚硝酸二环己胺时,其现场浓度应控制在万分之一以下,即0.0001毫克/立升。

(6) 大多数气相缓蚀剂对光、热的稳定性差,因此在使用或保管时,应避免高温和日光直射。在贮存保管时,要放在密封的容器中,以免挥发失效。

(7) 气相缓蚀剂由于挥发可能产生沉积,往往需要采用加热、吹风、清洗等方法除去,因而,对于某些精密产品应用时一定要慎重。

结语

气相缓蚀剂应用于航空器材包装防护,优点明确,对不定型的、结构复杂、不易为其它防锈层所能达到的制件或组合件等进行防腐很适宜,且防护有效期长、使用方便、费用节省。但气相缓蚀剂选择性很强,大多数气相缓蚀剂不能同时适应黑色金属、有色金属和非金属材料,因此,航空器材作为精密设备在选用气相缓蚀剂进行包装防护时,必须细致分析、明确鉴别,防止盲目应用造成器材损坏。

参考文献

- [1] 张大全. 气相缓蚀剂研究、开发及应用的进展[J]. 材料保护, 2010(4).
- [2] 崔爽. 气相防锈包装技术及其发展[J]. 包装工程, 2009(4).
- [3] 赵福军. 航材封存学[M]. 空军勤务学院, 2007.
- [4] 丁艳梅, 许淳淳, 王菊琳. 复合气相缓蚀剂对纯铜缓蚀的研究[J]. 材料保护, 2007(3).

(上接第15页)

由于液压泵早期故障率高,发生次数频繁,在使用和维修中发现和排除都十分困难。而减少液压泵故障的重要手段是努力提高翻修质量,并加强出厂前的检验。从工程实践看,加强产品出厂的质量检查是提高产品质量的重要措施。我厂液压泵的修理是委托专业的修理厂进行的,作为甲方,将相关质量要求和检验标准加以数据量化,并以合同条款的形式包含在修复委托内,加以不定期的抽检,以确保产品质量的可靠性。

4.2 严格控制系统的污染

根据有关数据,液压系统70%以上的故障是由于系统油液污染所致,必须使液压泵在良好的环境下使用。利用定期的油品检测化验,控制污染度和油液理化值在一个合理的范围内,认真作好数据的积累和分析,从数据的变化来判断液压泵的劣化趋势,及时安排修理,保障设备的正常运行。

4.3 液压泵合理安装与维护

液压泵安装后,必须在泵内注满液压油才能进行工作,防止液压泵干磨。而且在维护中,一方面要密切注意液压泵泄漏损失和系

统油温的变化,特别是在液压泵接近使用寿命末期时更要注意,因为随着液压泵使用时间的增长,泄漏量是加速增加的;另一方面要定期检查液压泵的回油压力,不得高于0.5MPa。

结语

柱塞泵使用寿命的长短,与平时的维护保养、液压油的数量和质量、油液清洁度等有关。避免油液中的颗粒对柱塞泵磨擦副造成磨损等,也是延长柱塞泵寿命的有效途径。在维修中更换零件应尽量使用原厂生产的零件,这些零件有时比其它仿造的零件价格要贵,但质量和稳定性要好,如果购买售价便宜的仿造零件,短期内似乎是节省了费用,但由此却带来了隐患,也可能对柱塞泵的使用造成更大的危害。

参考文献

- [1] 雷先觉编.《液压工程手册》.机械工业出版社.
- [2] 李福义编.《液压技术与液压伺服系统》.哈尔滨工程大学出版社.
- [3] 赵应樾,赵小鲁编.《常用液压泵及其维修》.上海交通大学出版社.